

Aus dem veterinär-anatomischen Institut der Universität Zürich  
Direktor: Prof. Dr. E. Seiferle

---

Arbeit unter der Leitung von P. D. Dr. H. Höfliger

# Der Feinbau der Koronargefäße bei Pferd und Rind

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde  
der veterinär-medizinischen Fakultät  
der Universität Zürich

vorgelegt von  
JAKOB FUCHS  
Tierarzt  
von Wängi (Thg.)  
in Rotkreuz (Zg.)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. E. Seiferle

Zürich 1954

---

Buchdruckerei Gebrüder Villiger, Sins (AG)



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

Aus dem veterinär-anatomischen Institut der Universität Zürich  
Direktor: Prof. Dr. E. Seiferle

---

Arbeit unter der Leitung von P. D. Dr. H. Höfliger

# Der Feinbau der Koronargefäße bei Pferd und Rind

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde  
der veterinär-medizinischen Fakultät  
der Universität Zürich

vorgelegt von  
JAKOB FUCHS  
Tierarzt  
von Wängi (Thg.)  
in Rotkreuz (Zg.)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. E. Seiferle

Zürich 1954

---

Buchdruckerei Gebrüder Villiger, Sins (AG)



*Meinen lieben Eltern*



## Inhaltsübersicht

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| I. Einleitung . . . . .                                | 7  |
| II. Literatur . . . . .                                | 8  |
| III. Eigene Untersuchungen . . . . .                   | 15 |
| A) Material und Technik . . . . .                      | 15 |
| B) Histologische Befunde . . . . .                     | 16 |
| 1. Bau der Koronargefäße beim Pferd . . . . .          | 16 |
| 2. Befunde beim Rind und Vergleich zum Pferd . . . . . | 19 |
| 3. Topographische Besonderheiten . . . . .             | 20 |
| 4. Besondere Stromregulationseinrichtungen . . . . .   | 22 |
| a) Intimapolster in kleineren Arterien . . . . .       | 22 |
| b) Polsterbildungen in der Media . . . . .             | 22 |
| c) Arterien mit mehrschichtiger Muskulatur . . . . .   | 23 |
| d) Polsterbildung in den Herzvenen . . . . .           | 24 |
| IV. Besprechung der Befunde . . . . .                  | 25 |
| V. Zusammenfassung . . . . .                           | 28 |
| Literaturverzeichnis . . . . .                         | 29 |



## I. Einleitung

Herzkrankheiten sind beim Menschen ungleich häufiger als beim Tier. Sie stehen dort an erster Stelle der Todesursachen. Es ist daher begreiflich, daß Untersuchungen über das normale Säugerherz, im speziellen über den feineren Bau der Herzgefäße, weniger zahlreich sind als für den Menschen. Aus neuerer Zeit stammen Arbeiten aus dem Gebiete der Veterinärpathologie, die auf vermehrte Bedeutung der Herzkrankheiten hinweisen (z.B. *Stünzi* und *Kilchsperger*, 1946, *Stünzi*, 1949, über Arteriitis nodosa), ganz zu schweigen von der umfangreichen Literatur über die Ursachen des Herztodes bei Schweinen, die Herzveränderungen bei Maul- und Klauenseuche der Paarhufer und bei der infektiösen Anämie der Equiden. Daß chronische Krankheiten zu Herzleiden führen, ist allbekannt. Gewisse Gefäßkrankheiten stehen mit der Einführung der Sulfonamidtherapie in Beziehung und sollen allergischer Natur sein (*Urbach* und *Gottlieb* zit. n. *Stünzi*, 1949). So scheint es keineswegs überflüssig, dem normalen histologischen Bau der Herzgefäße vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken. Über den Feinbau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Pferdes gibt es Arbeiten bereits aus dem letzten Jahrhundertbeginn, ebenso über das Wurzelgebiet der Herzgefäße. Die Herzkranzgefäße der Haussäuger jedoch haben keine systematische Bearbeitung erfahren. Sogar für den Menschen selber bestand hier offenbar noch bis in die neuere Zeit eine Lücke; schreibt doch *Bucher*, 1947: » Bei der großen Literatur über die mikroskopische Anatomie der Gefäße ist es erstaunlich, daß eigentlich erst in den letzten Jahren mittlere und kleinere Herzgefäße, welche in ihrem Wandbau von üblichen Lehr- und Handbuchdarstellungen abweichen, beobachtet und zum Gegenstand weiterer Untersuchungen gemacht wurden.«

So sehe ich meine Aufgabe darin, den Feinbau der gröberen und feinen Verzweigungen des Koronarsystems vergleichend bei Pferd und Rind zu untersuchen und spezielles Augenmerk den besonderen Blutstromregulationseinrichtungen zu schenken.

## II. Literatur

Nach *Spalteholz*, 1924, finden sich die Bezeichnungen *Arteriae coronariae cordis* bereits bei Galenus. Dieser kannte zwar nur die linke Koronararterie. *Winslow*, prägte 1732 den Namen *Arteriae cardiacae*. Entsprechend der damaligen Technik vermißt man Angaben über den Feinbau der Herzgefäße. Im 19. Jahrhundert häuften sich die Arbeiten über die Blutgefäße. Vor allem sind es Abhandlungen über Bau, Entwicklung und Verlauf der Blutleiter. Die Einteilung der Gefäßwandbezirke in *Intima*, *Media* und *Adventitia* ist bereits allgemein anerkannt (*Bonnet* zit. n. v. *Ebner*, 1899). Das Problem der Anastomosen auch in der Herzwand fand in der zweiten Hälfte des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts vielfache Bearbeitung und es wurden neue Verfahren zu deren Darstellung ausgearbeitet. So bediente sich *Ruysch* (zit. n. *Spalteholz* l.c.) der Korrosionsmethode, *Cohnheim* und *von Schultheß*, 1881, suchten durch Unterbindung am Hunde-Herzen das Nichtvorhandensein der Anastomosen zu beweisen. *Koester*, 1888, wies mit Farbstoffinjektionen nach, daß Anastomosen vorkommen, aber »nicht konstant und nicht an konstanten Stellen« zu finden sind. *Baumgartner*, 1899, nahm als erster die Röntgenstrahlen zuhilfe. *Bianci*, 1885, untersuchte Herzen, deren Gefäße er mit Gips ausgegossen hatte und *Nußbaum*, 1911, Korrosionspräparate nach Metallinjektionen. Die Arterien der Herzwand beschreibt *Spalteholz* l.c. an Präparaten, die durch Leimmassen mit Chromgelb oder Zinnober kenntlich gemacht waren. Von ihm stammt das Aufteilungsgesetz der Arterien in der Herzwand und zwar auf Grund von Beobachtungen, daß sich die großen Herzgefäße zunächst nur »zweidimensional ausbreiten und aus dieser Fläche erst einseitig in der Richtung der dritten Dimension die feineren Zweige für die tiefen Schichten der Muskelmassen heraustreten.« So beschäftigten die makroskopischen Verhältnisse der Koronargefäße zahlreiche Anatomen.

Über den *mikroskopischen Bau* der Blutgefäße im allgemeinen vermittelt v. *Ebner* Ende des letzten Jahrhunderts schon ziemlich genaue Angaben. Er beschreibt herznahe Venen mit »quergestreifter Muskulatur von derselben Beschaffenheit wie im Herzen.« Außerdem weiß er von den Kranzgefäßen zu sagen, daß deren Muskelzellen nicht rein zirkulär, son-

dern in komplizierter Weise zu schräg sich kreuzenden, stellenweise auch longitudinalen Zügen angeordnet sind. Die Venen, in kleine, mittelstarke und starke unterschieden, haben eine etwas dünnere Intima als die Arterien. Die Media besteht zur Hauptsache aus Bindegewebe und enthält weniger elastische Fasern und Muskeln, die stärkste Lage bildet in der Regel die Adventitia.

Wolkoff, 1923, gibt einen Überblick über die histologische Struktur der Koronararterien des menschlichen Herzens. Gegenstand der Untersuchung bilden hauptsächlich die größeren Arterien. Die Adventitia, deren bindegewebige Fasern das Grundgerüst bilden und in verschiedener Richtung angeordnet sind, ist z.T. reich an elastischen Fasern, auch einzelne Muskelfasern haben sich hieher verirrt. Eine deutliche Lamina elastica externa ist nicht zu finden. In den mittelgroßen Ästen werden die Fasern gröber und verlaufen zirkulär. In größeren Arterien dominieren ebenfalls zirkuläre Elemente, die aber hie und da von groben, längsverlaufenden Fasern abgelöst werden. Besondere Altersveränderungen kommen in dieser Schicht nicht vor, nur ist sie im Kindesalter dicker als die übrigen. Die Media besteht zur Hauptsache aus Ringmuskulatur und wird von zirkulären elastischen Fasern durchsetzt, die in den großen Arterien ziemlich stark werden und besonders in der linken Arteria coronaria hervorstechen. Bei älteren Individuen wird die Media etwas dicker und die elastischen Fasern nehmen zu. Die innerste Schicht wird von der Intima gebildet. Diese ist bei jungen Menschen und in kleinen Arterien am dünnsten. Sie besteht aus der Endothelschicht und der Lamina elastica interna. Mit dem Alter aber treten hier die größten Veränderungen auf. »Es entstehen nämlich auf der Lamina elastica interna knopfförmige Verdickungen, Streifen und bogenförmige Erhöhungen, die die Anfangsstadien der Abspaltung darstellen.« Die Lamina elastica interna spaltet sich in ein Außen- und Innenblatt. Von der Media dringen Muskel- und auch elastische Fasern ins Außenblatt ein und so entsteht die elastisch-muskulöse Schicht. Durch Abspaltung und Auffaserung der inneren Grenzlamelle bildet sich die elastisch-hyperplastische Schicht, die an Dicke oft die Media übertrifft.

Derselbe Autor veröffentlichte 1924 auch eine Arbeit über die Altersveränderungen der Arterien bei Tieren. Er untersuchte die linken und rechten Kranzarterien von verschiedenen Tieren und stellte auf Grund seiner vergleichenden Bearbeitung fest, daß von allen Arterien des Menschen die Intima der Kranzarterien des Herzens im Laufe des Lebens am stärksten sich verdickt. Die Altersveränderungen an den Arterien der Tiere sind weit geringer als beim Menschen. Bei Mäusen und Ratten zeigen sich diese Intimaveränderungen nur in einer allgemeinen Verdickung der Gefäßwand, ohne daß eine Neubildung der Intima durch Zerspaltung der Lamina elastica interna zu bemerken ist. Bei einem dreijährigen Kaninchen beobachtete er die Aufspaltung der Lamina elastica interna. In den Koronararterien von Hunden soll diese z. T. gespalten sein. Eine eigent-

liche Neubildung der longitudinalen, elastisch-muskulösen Schicht der Intima kommt aber nur in den Hauptästen vor. Beim Rind teilt sich die Lamina elastica interna der Koronararterien mit zunehmendem Alter in zahlreiche Fasern auf, sodaß die ganze Intima allmählich eine bedeutende Dicke erreicht. Bei älteren Kühen fehlt in den Hauptstämmen eine gleichförmig elastisch-muskulöse Intimaschicht, an ihre Stelle tritt eine Schicht mit feinen, zirkulären elastischen Fasern und vielen Zellen. Die Media wächst an Dicke, und die elastischen Fasern werden stärker, auch die Adventitia erfährt eine Verbreiterung.

Die Elastica interna von Pferdeföten ist nach *Wolkoff* z. T. schon gespalten und besteht aus dicht aneinanderliegenden, longitudinalen, elastischen Fasern. Bei Fohlen ist in den Hauptstämmen der Kranzgefäße eine deutlich ausgebildete Intima vorhanden. Erwachsene Pferde zeigen in den größeren Herzarterien eine breite, elastisch-muskulöse Intimaschicht, die elastischen Fasern sind dick und die chromotrope Zwischensubstanz vermehrt. In den kleinen subepikardialen Ästen ist überall, auch bei älteren Pferden eine einfache, ungespaltene Lamina elastica interna vorhanden.

Am Schluß zieht *Wolkoff* einen Vergleich zwischen dem Intimabau der Koronararterien des Menschen und der Tiere und stellt fest: 1. Die Intimaentwicklung beginnt beim Menschen erst nach der Geburt, während sie beim Pferd und Rind schon im Foetalalter einsetzt. 2. Auch der Entwicklungsgrad ist verschieden, indem die Intima des Menschen relativ dicker wird als beim Tier. 3. Die Struktur der neugebildeten Schicht zeigt sich beim Tier stets einfacher, eine elastisch-hyperplastische Schicht ist hier nicht vorhanden.

*Benninghoff*, 1930, stützt sich in seinem Handbuchartikel hauptsächlich auf die Arbeiten von *Wolkoff*. Nach ihm hat sich die Intima in den Herzkranzgefäßen des Menschen erst nach zirka 30 Jahren vollständig entwickelt und kann die Media an Dicke übertreffen. An den Abgangstellen von Seitenästen zeigt sich die Intima regelmäßig verdickt. In der linken Koronararterie erscheint die bindegewebige Schicht schwächer, die elastisch-muskulöse und hyperplastische Schicht hingegen stärker, als in der rechten, außerdem ist die Media der linken reicher an starken, elastischen Fasern. Im übrigen enthält diese ringförmig verlaufende, glatte Muskelfasern, die von elastischen Elementen begleitet werden. In kleineren Ästen können einige Längsmuskelfasern in den äußeren Mediabereich eingelagert sein. Die Adventitia der großen Stämme ist im Verhältnis zu andern Arterien nicht stark entwickelt. Die Grenze zwischen Media und Adventitia sehen wir oft verwischt, und eine Elastica externa fehlt. Die Herzvenen bestehen zur Hauptsache aus Endothel, Bindegewebe und elastischen Fasern. Glatte Muskelfasern treten erst bei größerem Durchmesser auf.

*Wolff*, 1930, befaßt sich mit der Media der Papillarmuskelschlagadern und findet die Muskelfasern längs und spiralig angeordnet. Häufig trifft er die Media auffallend hypertrophiert, und die Muskulatur kann mit zu-

nehmendem Alter einer fortschreitenden Fibrose weichen. Eine eigentliche Erklärung für diese Besonderheiten vermag er nicht zu geben.

*Schäfer*, 1932, untersucht »die Schlängelung der Koronargefäße des menschlichen Herzens« und glaubt den Grund der Schlängelung in der Zerreißung der Elastika, die im gefärbten Präparat verschiedene hellere Stellen aufweist; gefunden zu haben.

*Spalteholz* und *Hochrein*, 1933, bestätigen die Untersuchungen von *Wolkoff*, daß im anatomischen Bau der Herzarterien Verschiedenheiten zwischen dem Stamm, den großen und kleinen Ästen bestehen. Regelmäßige Unterschiede aber zwischen Jugendlichen und Erwachsenen sind nicht zu verzeichnen. In der Intimaverdickung und der Auflockerung der *Elastica interna* sehen sie eine Bremsvorrichtung gegen starke Stromstöße, die so zur Konstanz der Herzdurchblutung beiträgt. Die Koronararterien dienen nur als Blutleiter; denn für eine »Umformung« des Koronarstromes ist die Muskelkraft der Arterien zu schwach. Eine Anpassung des Koronarsystems an die Formänderung des Herzens wird durch die Konstriktion der Längsmuskulatur möglich. Altersveränderungen, die *Krause*, 1935, an tierischen Blutgefäßen gefunden hat, kommen hauptsächlich in der *Media* und in der *Lamina elastica interna* vor. Während an der *Elastica* eher »rückschrittliche Veränderungen« zu sehen sind, kommt es in der *Media* zu Wucherungen. Das Zwischengewebe vermehrt sich um so stärker, je größer die Atrophie der elastischen Schichten und je geringer die Wucherungsfähigkeit der Muskulatur wird. Fettablagerungen kommen nur selten vor.

Als Gefäßsperrern bezeichnet *Watzka*, 1936, Gebilde in Venen und Arterien, die sich zusammensetzen aus mehreren, in gewissen Abständen aufeinanderfolgenden, stärkeren Muskelringen (turbanartige Sphinkteren) an sonst muskelschwachen Stellen, auch können es Längsmuskelwülste in der Intima sein. In den Arterien sind es eher längs oder ringförmig angeordnete Muskelbündel, ohne die ein Gefäß nie ganz verschlußfähig ist. Eventuell springen diese Muskelwülste bei der Kontraktion der Muskulatur keulenartig ins Lumen vor. Solche Muskelfasern färben sich etwas schwächer als gewöhnlich und erinnern an die polygonalen (epitheloiden) Zellen in manchen arteriovenösen Anastomosen. Die Sperreinrichtungen an arteriovenösen Anastomosen bestehen aus: 1. quellbaren Zellen, 2. muskulären Ringen und 3. kontraktile Intimapolstern. Die epitheloiden Zellen sind nichts anderes als »unentwickelte, mangels einer genügenden Inanspruchnahme ihrer Kontraktilität nicht ausgereifte Muskelelemente.« Die Polsterarterien — ob sie im Herzen vorkommen, erwähnt er nicht — sind die einfachsten Einrichtungen zur Regelung der Durchblutung des Kapillargebietes.

Nach *Schumacher*, 1938, sind die epitheloiden Zellen und Längsmuskelbündel, die besonders in arteriovenösen Anastomosen vorkommen, verschlußfähige Gebilde (Drosselarterien). Die epitheloiden Muskelzellen sind

umgeänderte Myofibrillen oder gequollene Zellen, die eventuell einen azetylcholinähnlichen Stoff ausscheiden und wieder entquellen können.

*Clara*, 1939, beschreibt die arteriovenösen Anastomosen im menschlichen Körper ziemlich ausführlich. Auch er weist epitheloide Zellen nach. »Verfolgt man den Übergang einer Arterie in ein anastomotisches Gefäß, so sieht man, wie die Muskelzellen immer kürzer und zugleich dicker werden, der Kern sich mehr oder weniger abrundet, chromatinärmer wird und die Myofibrillen verschwinden, sodaß die Anastomose einen mehrschichtigen Mantel von polyedrischen Zellen erhält, die in ihrer Form den Epithelzellen außerordentlich ähneln.« Über arteriovenöse Anastomosen im Herzen berichtet er nichts. In neuerer Zeit haben sich besonders drei Autoren, *Zincke*, *Hirsch* und *Bucher* in mehreren Abhandlungen mit dem Bau der Koronargefäße befaßt.

*Zincke*, 1939, hat als Erster über den feineren Bau der Gefäßabzweigungen im Herzen berichtet. Makroskopisch erscheint nur ein flacher Wall, den er aber unter dem Mikroskop als eine sichelartige Verdickung der Innenhaut erkennt mit reichlich elastischen Längs- und feinen Querfasern. Sie breiten sich dreidimensional aus und bilden die *Elastica interna* des Astes und so eine Verankerung im Polster. »Durch das Zusammenrücken der Längsmuskulatur des Hauptstammes entsteht die Mittelhaut des Astes.« Elastische Fasern und Muskeln stellen zusammen ein funktionelles System dar. Die Adventitia ist in den Astwinkeln kräftig und enthält z. T. elastische und muskulöse Fasern. Er untersucht, wie er selber sagt, zum erstenmal die kleineren Arterien und findet auch hier die Längsmuskelbündel der Intima, umscheidet von elastischen Längsfibrillen (Drosselarterien nach *Schumacher*).

Später, 1941, beschreibt derselbe Autor deutliche muskulöse Ringsphinkteren in den kleinen und kleinsten Ästen des Myokards, im epikardialen Fettgewebe und in der Adventitia der Hauptäste, z. T. vom bindegewebig-muskulären Typ, schon im ersten Lebensjahr voll entwickelt. Außerdem zeigt er eine andere bis dahin ebenfalls unbekannte Gefäßsorte kapillärer Ausmündungen zwischen dicken Längsmuskelbündeln der Intima, und solche, bei denen die Kapillaren von epitheloiden Zellen umsäumt sind. Auch Venen besitzen Hilfseinrichtungen besonders unter dem Epikard.

*Hirsch*, 1942, gibt in seinen systematischen Untersuchungen über Koronargefäßstrukturen beim Menschen einen Überblick. Er hält die nach *Bouin* fixierten Präparate für die mikroskopischen Untersuchungen am günstigsten. Die Kranzgefäße teilt er in sechs Kategorien ein: 1. Arterien vom mittleren Kaliber. Die Gefäßwände besitzen eine elastische, oft gewundene Lamelle (*Elastica interna*) und sehr starke Muskelfasern, die nicht alle zirkulär, sondern hie und da auch längs und spiralig angeordnet sind. 2. Arterien mit herzförmigem Lumen im Querschnitt mit regelmäßigem Muskelpolster und mehr oder weniger elastischen Fasern. 3. Kleine Arterien, die ein gewundenes Lumen zeigen, von rhomboiden hellen Zellen

umgeben und arm an Fibrillen sind. 4. Arterien mit ganz unregelmäßigem Lumen, in das hinein Wülste wuchern. 5. Arterien mit spezieller Struktur. Ihre Wand besteht z. T. aus polygonalen Zellen mit hellem Zytoplasma (epitheloide Zellen), eigenartige Scheiden oder ganze Ringe bildend mit elastischen Fasern. 6. Gefäße mit innerer Längsmuskulatur z. T. von Bindegewebsstreifen unterbrochen. Auch hier können wieder polygonale Zellen und kleine elastische Fasern vertreten sein.

In einer andern Arbeit sagt *Hirsch*, 1942: »Hinsichtlich der histologischen Struktur der in allen Mitteilungen erwähnten regulatorischen Einrichtungen herrscht eine große Mannigfaltigkeit. Man beschreibt mehr oder weniger in das Lumen der Arterie vorspringende Wülste, Polster, Kissen und Leisten, sowie hülsenartige Scheiden, die aus glatter Muskulatur bestehen und der Intima angehören. Daneben wurden besonders in Abschnitten arteriovenöser Anastomosen Gefäße beschrieben, die eine Media aus eigenartigen hellen epitheloiden Zellen besitzen und die vielfach als Muskelzellen aufgefaßt wurden.« Er erwähnt auch *Dietrich*, der eigenartige, knollige Intimapolster, die sproßartig ins Lumen vorspringen, in einigen kleinen Herzmuskelarterien gesehen hat. *Hirsch* bringt die epitheloiden Zellen in Zusammenhang mit den arteriovenösen Anastomosen. Die epitheloiden Zellen fand er z. T. außerhalb, z. T. innerhalb der Elastika oder auch vermischt durcheinander. Ihr Vorhandensein ist abhängig vom Füllungszustand der Blutgefäße, von der Beschaffenheit des Blutes, vom Alter des Materials und von der Art der Fixierungsflüssigkeit. Diese Erklärung leuchtet *Wegelin*, 1944, nicht ein, wenn er sagt: »Es ist auch gar nicht einzusehen, warum im ganz frischen Sektionsmaterial die epitheloiden Zellen der Drosselvorrichtungen verschwinden sollten.« Im weiteren berichtet *Hirsch* auch über Arteriolo-sklerose und spricht von isolierter Amyloidose kleinster Arterien unter der Maske einer Arteriosklerose.

*Wegelin*, 1945, der sich hauptsächlich mit Arteriosklerose im Myokard befaßte, findet vor allem eine Verdickung der Intima mit Polsterbildungen ohne Einengung des Lumens und ohne Endothelwucherung.

*Hirsch*, 1949, weist nochmals auf die Voraussetzungen hin, die für die Entstehung brauchbarer Präparate nötig sind: 1. technisch einwandfreies, frisches Untersuchungsmaterial. 2. gute Zusammensetzung des Fixiermittels (Formol ist unzweckmäßig). 3. dünne Schnitte (5—7  $\mu$ ). Im zweiten Abschnitt versucht der Autor seine Befunde zu deuten, worüber ich später zusammenfassend berichten werde.

*Bucher*, 1944, bezeichnet »die Intimapolster in Blutgefäßen als an manchen Orten des Körpers normalerweise vorkommende Sondervorrichtungen, die mit speziellen Aufgaben betraut sind.« Dabei unterscheidet er: 1. Polsterkissen und versteht darunter Polsterbildungen, die in ihrer Ausdehnung beschränkt und an Stellen gelegen sind, wo Arterienäste abzweigen. Sie bestehen zur Hauptsache aus muskulären Elementen. 2. Polsterarterien, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sich die Polsterbildungen

über längere Gefäßstrecken ausdehnen und durch Einlagerung von Längsmuskelzügen in die Intima zustandekommen. Sie werden auch Drossel- oder Sperrarterien genannt.

1945 schreibt *Bucher*: »Bei der Untersuchung der Myokardgefäße ist man überrascht, wie vielgestaltig die Gefäße sein können, und zwar nicht nur in verschiedenen Herzen, sondern auch an verschiedenen Stellen des gleichen Herzens.« In den Papillarmuskeln findet er außerordentlich dickwandige Arterien mit viel Längsmuskulatur in der Media, die durch bindegewebige Septen in Bündel aufgeteilt sind. Längsmuskulatur kann auch die Adventitia verstärken. Myokardarterien mit Längsmuskelzügen in der Intima hat er schon früher erwähnt. An weiteren Besonderheiten weist *Bucher* auf Arterien mit epitheloid modifizierten Muskelzellen hin, ohne deutliche fibrilläre Struktur und mit abgerundeten chromatinärmeren Kernen in der Intima. Im Perikard sieht er Arterien mit einzelnen Intimawülsten, die ins Lumen vorspringen.

Vom gleichen Autor erschien 1947 eine weitere Arbeit über den Bau der Blutgefäße des menschlichen Herzens. Er faßt seine Beobachtungen über einige charakteristische Bautypen der Koronararterien in vier Gruppen zusammen: 1. Arterien mit innerer Längsmuskulatur (Drosselarterien). Die Lage der Längsmuskulatur zur Lamina elastica interna ist verschieden. Sie findet sich z. T. innerhalb, z. T. außerhalb oder die Elastika kann gespalten sein, was zu einer Durchmischung der Längsmuskulatur führt. Diese Längsmuskelpolster in der Intima sind ringsherum oder nur an vereinzelter Stellen, meistens aber auf längeren Gefäßstrecken vorhanden. Es gibt auch Intimapolster an Gefäßabzweigungen, sie bestehen zur Hauptsache aus Längsmuskulatur, etwas kollagenen und retikulären Elementen, elastische Fasern sind spärlich. 2. Arterien mit innerer Ring- und äußerer Längsmuskulatur. Die Fasern der inneren Mediaschicht verlaufen mehr oder weniger kreisförmig oder in flachen Schraubenwindungen. Die äußere Schicht besteht aus Längsmuskelfasern, die zu Bündeln vereint und von Bindegewebssepten umgeben sind. Meistens sind auch elastische Fasern vorhanden. 3. Arterien mit starker Längsmuskulatur. Diese Art von Blutgefäßen findet *Bucher* vor allem in den Papillarmuskeln. Sie besitzen eine von bindegewebigen Septen, die von der Adventitia stammen, in Bündel aufgeteilte starke Längsmuskulatur. Zwischen dem Endothel und der Lamina elastica interna, die gut ausgebildet ist, z. T. auch aufgespalten sein kann, finden sich oft kreisförmig oder schrägverlaufende Muskelfasern. Die Adventitia besteht aus recht derben, vorwiegend schräg verlaufenden kollagenen Fasern nach Art eines Scherengitters. 4. Arterien mit dreischichtiger Muskulatur. Wie uns der Autor zeigt, ist der Faserverlauf der inneren und äußeren Schicht längs, dazwischen zirkulär. In der inneren Schicht sind oft Lamellen der Elastica interna eingelagert, und sie wird dadurch vielfach zur Tunica intima gerechnet. Die mittlere besitzt gewöhnlich nur wenige Ringmuskelfasern und ist nicht im ganzen Gefäßumfang gleich

stark ausgebildet. Die äußere Partie wird häufig zur Adventitia gezählt, weil sie nicht selten durch Bindegewebe aufgelockert ist. Zwischen all diesen drei Schichten herrscht ein Faseraustausch und *Bucher* nennt die so angeordnete Arterienmuskulatur eine Art Schneckenwindung. Er kommt auch auf relativ muskelstarke Venen mit vorwiegend Längsmuskulatur, Polsterbildungen und Venenklappen zu sprechen. »Diese Venen zeigen durch die ganze Wanddicke einen mehr oder weniger gleichmäßigen Bau, sodaß sich eine Unterscheidung von Intima, Media und Externa erübrigt.« Die Muskulatur, z. T. als einzelne, z. T. in Gruppen von zwei bis vier Fasern, ist längs oder schräg und nur selten zirkulär angeordnet. Die dazwischenliegenden kollagenen und in großer Zahl vorkommenden elastischen Fasern sind zu einem retikulären Fasergitter angeordnet. *Bucher* weist in den Herzvenen auch »schön ausgebildete Polster« nach, die reich an elastischen Fasern sind, während die Muskulatur im Vergleich zu den Polstern in Arterien zurücktritt. — Die funktionelle Deutung soll später Erwähnung finden.

Mit dem mikroskopischen Bau der Koronararterien der Huftiere (Pferd, Rind, Büffel und Schaf) sowie der Fleischfresser (Hund und Katze) hat sich neuerdings *Erençin*, 1953, genauer befaßt. Bei Hund und Katze und bei einem Pferd konnte er an den Abzweigungsstellen kleiner Äste typische Muskelpolster finden. Bei den Huftieren beschreibt er sog. Drosselarterien d. h. Arterien mit Längsmuskulatur. Typische arterio-venöse Anastomosen ließen sich bei Hund und Rind feststellen.

### III. Eigene Untersuchungen

#### A. MATERIAL UND TECHNIK

Zur mikroskopischen Untersuchung der Koronargefäße gelangten 16 Herzen, davon waren 6 Pferde- und 10 Rinderherzen. Es wurde darauf geachtet, daß nur Organe von gesunden Tieren oder solchen, die wegen eines äußeren Leidens zur Schlachtung kamen, Verwendung fanden. Das Alter der Pferde schwankte von 1 bis 25 Jahren, beim Rind vom Neugeborenen bis 12 Jahren. Für die histologische Untersuchung war es wichtig, zuerst einmal alle Hauptstämme der Koronargefäße zu erfassen. Daher wurden Würfel von 1 cm Seitenlänge aus dem Ursprungsgebiet der A. coronaria sinistra et dextra, dann aus dem Sulcus longitudinalis sinister et dexter, aus dem Sulcus coronarius sinister et dexter und beim Rind auch aus dem Sulcus intermedius entnommen.

Um die kleineren Gefäße zu erfassen und die topographischen Verhältnisse etwas näher zu beleuchten, schnitten wir Muskelstücke aus der rechten und linken Herzwand, den Wänden der beiden Vorhöfe, der Scheidewand der Kammern, der Herzspitze und aus dem vorderen Papillarmuskel der linken Kammer.

Die so im frischen Zustand erhaltenen Präparate wurden in *Bouin'scher* Lösung (Pikrinsäure 15, Formol 5, Eisessig 1) ca. 24 Stunden fixiert und dann in Paraffin eingebettet. Von jedem Präparat war mindestens eine Serie von einem Dutzend Schnitte vorhanden mit einer Dicke von ungefähr 7  $\mu$ .

Zur Differenzierung der Muskulatur, der elastischen Fasern und des übrigen Bindegewebes gelangten folgende Färbemethoden zur Anwendung: Haematoxylin-Eosin, van Gieson, van Gieson-Elastin und Azan. So besitze ich eine ansehnliche Zahl von histologischen Präparaten, die einen guten Einblick in die feinere Struktur der Koronargefäße bei Pferd und Rind ermöglichen.

## B. HISTOLOGISCHE BEFUNDE

### 1. Bau der Koronargefäße beim Pferd

Bevor über den allgemein histologischen Aufbau der Herzgefäße bei Pferd und Rind berichtet wird, ist eine Einteilung derselben in Bezug auf die Größenordnung angezeigt. Schon bei der makroskopischen Betrachtung des Herzens fallen jene großen Gefäße auf, die im Sulcus longitudinalis sinister und dexter und im Sulcus coronarius verlaufen. Es sind dies die A. coronaria sinistra und dextra mit ihren Rami descendentes und circumflexi beim Pferd, beim Rind die A. coronaria sinistra mit dem Ramus circumflexus und den Rami descendentes dexter et sinister, ferner die Vv. cordis magna et parva. Diese Blutleiter stellen die großen Gefäße dar. Der Durchmesser beträgt meist einige Millimeter. Als mittlere Gefäße bezeichne ich jene Äste, die außerhalb der Furchen hauptsächlich subepikardial, z. T. auch subendokardial verlaufen und einen Durchmesser von etwa 0,8 bis 1,2 Millimeter besitzen. Die übrigen rechne ich zu den kleinen Gefäßen. Eine genaue Abgrenzung ist wegen des wechselnden Kontraktionszustandes und der verschiedenen Umgebung schwierig. Auch gilt diese Einteilung vor allem nur für die Arterien, weil die Venen im Herzen sehr wehlumig sind.

Die großen Gefäße des Koronarsystemes des Pferdes (Abb. 1) sind vom elastisch-muskulösen Typ, wobei ich den Begriff elastisch besonders unterstreichen möchte. Die *Intima* als innerste Schicht ist stellenweise gegen die *Media* recht schwierig abzugrenzen, weil auch diese letztere, wie später gezeigt wird, sehr reichlich elastische Elemente enthält. Sie erreicht in den

großen Koronargefäßen eine recht beträchtliche Dicke, wenn diese auch bei weitem hinter den Dimensionen, wie sie für den Menschen geschildert sind, zurücktritt. Ein weiteres Merkmal ist die ziemlich variierende Dicke, die zwischen 15—17  $\mu$  schwankt. Das Endothelrohr, die dem Blut zunächst liegende Schicht, besteht aus Spindelzellen, die in der Längsrichtung des Arterienrohres angeordnet sind. Ähnlich wie in den großen Körperarterien fehlt hier eine die Grenze zur Media markierende homogene elastische Innenhaut. An die Stelle der Lamina elastica interna tritt ein Geflecht von ziemlich groben elastischen Längsfasern, die stellenweise, insbesondere gegen die Media hin, so eng zusammenrücken, daß sie homogene Lamellen vorzutauschen vermögen. Sie sind von längsverlaufenden Muskelfasern reichlich durchsetzt und bilden zusammen mit dem elastischen Längsfasernetz eine Schicht, die der elastisch-muskulösen des Menschen entsprechen dürfte. Übereinstimmend mit *Wolkoff*, 1923, vermissem ich die elastisch-hyperplastische Schicht, die beim Menschen nach innen anschließt und mit dem Alter oft so beträchtliche Dicke annimmt. Endothelwärts folgt eine von feinen elastischen Fasern und kollagenen Strukturen gebildete Bindegewebslage, die Zellen vom Typ der Fibrozyten aufweist. An Stellen mit dünner werdender Intima verliert sich diese bindegewebige Schicht, und es bleibt lediglich die elastisch-muskulöse Lage erhalten, die selber sich auf 1—2 Schichten reduzieren kann. Bei jungen Pferden erscheint die Lamina elastica interna meistens etwas kompakter, zeigt aber schon bei einjährigen Fohlen die Aufspaltung in ein Fasernetz.

Wenn ich die großen Koronararterien unter die Kategorie der elastisch-muskulösen Gefäße eingereiht habe, so geschah es auf Grund der Mediastruktur. Wie schon der Name verrät, hat man es in der *Media* hauptsächlich mit zwei Gewebsarten zu tun, mit der elastischen und der muskulösen. Die elastischen Elemente bilden wellenförmige, zirkulär oder spiralig verlaufende Fasernetze, die häufig zu Lamellen verschmelzen, in der Nähe der Intima etwas kompakter erscheinen und sich gegen die Adventitia geringgradig auflockern. Eine scharfe Grenze zeigt sich weder zur Intima noch zur Adventitia. Außer diesen wellenförmigen, starken Lamellen sind auch zarte, elastische Fasern vorhanden, die z.T. Muskelfasern und Muskelbündel umgeben und ein elastisches Fasernetz bilden. Bei jüngeren Pferden sind die elastischen Elemente etwas feiner und weniger zahlreich. Die Muskulatur der Media ist hauptsächlich zirkulär oder in flachen Spiralen angeordnet. Die Menge ist abhängig von der Zahl der elastischen Fasern. Je mehr elastische Elemente vorhanden sind, desto mehr treten die muskulären zurück. Bei jungen Tieren herrscht die Muskulatur in der Media vor. Die einzelnen Muskelfasern und Bündel verbinden sich mit den elastischen Fasern zu einem kompakten Geflecht und bilden zusammen ein funktionelles System. Gegen die Adventitia treten in zunehmendem Maße auch elastische Längsfasernetze zwischen den zirkulär verlaufenden auf, begleitet von ebenfalls longitudinal angeordneten Muskel-

fasern. Die übrigen bindegewebigen Anteile der Media kommen an Stellen, wo elastische Fasern spärlich sind, deutlich zur Geltung. Die Dicke der Media beträgt 250-600  $\mu$ . Übereinstimmend mit Angaben *Benninghoffs*, 1930, vermisste ich eine Lamina elastica externa.

Die *Adventitia* bildet die äußerste Schicht der Gefäße und mißt 100 bis 300  $\mu$ . Sie ist bei jungen Tieren meistens etwas dicker, der Gehalt an elastischen Fasern jedoch etwas geringer als bei älteren. Den Hauptanteil dieser Schicht bilden grobe, kollagene Bindegewebsfasern, die hauptsächlich in der Längsrichtung verlaufen. Dazu kommen auffallend starke, vorwiegend zirkulär verlaufende elastische Elemente, die besonders reichlich gegen die Media hin vertreten sind und nach außen zu fortschreitend abnehmen, sodaß dort dann der kollagene Charakter dieser Schicht vorherrscht. Die großen Gefäße, die hier beschrieben werden, besitzen in der *Adventitia* auch viele kleine Nervenfaserbündel, und die Ernährung besorgen kleine Blutgefäße (*Vasa vasorum*), an denen nach *Vastarini-Cresi* (zit. n. *Benninghoff*, l.c.) die Herzarterien besonders reich sein sollen. Die großen Nervenbündel sind häufig außerhalb der *Adventitia* zu finden. Der Übergang ins umliegende Gewebe geschieht allmählich, es ist keine deutliche Grenze feststellbar. Im übrigen passen sich auch die großen Arterien, wie später noch besonders erörtert werden soll, in ihrem Aufbau der Umgebung weitgehend an.

Die *großen Herzvenen* erscheinen im mikroskopischen Präparat zufolge ihrer Dünnwandigkeit (60-250  $\mu$ ) stark kollabiert. Die typische Schichtung in Intima, Media und *Adventitia* ist bei diesen Venen nur undeutlich. Auf die Endothelschicht folgt eine an zarten elastischen Fasern reiche, 10-20  $\mu$  dicke Bindegewebsschicht. Die Media weist neben dem Grundgerüst aus mittelstarken kollagenen und zarten elastischen Fasern Muskelzellen auf, die ringförmig oder schräg zur Gefäßachse verlaufen. Die äußerste 30-70  $\mu$  dicke Schicht hebt sich durch plumpe kollagene Faserbündel von der Media ab und stellt die Verankerung mit dem umliegenden Gewebe her. Wo sich die Venenwand der Herzmuskulatur eng anschmiegt, fehlt die *Adventitia*.

Die *mittleren Arterien* (vergl. in Abb. 6 das abzweigende Gefäß), also die Äste der in den Furchen verlaufenden Koronararterien, kann man dem muskulös-elastischen Gefäßtyp zurechnen. Im Gegensatz zu den großen Arterien ist die Schichtung in Intima, Media und *Adventitia* deutlicher erkennbar. In Ästen unmittelbar nach dem Abgang aus den Kranz- und Längsfurchengefäßen ist das elastische Element der *Intima* noch in Form von 2-3 Längsfasernetzen vorhanden, wobei die Fasern so eng zusammenrücken, daß sie Lamellen vortäuschen. Mit der Abnahme des Gefäßquerschnittes bilden die elastischen Längsfasern schließlich eine einheitliche, zierlich gewellte Lamina elastica interna, die die Intima deutlich gegen die Media abgrenzt. Zwischen Elastika und Endothel besteht bei größeren Gefäßen eine Zwischenschicht aus kollagenem Bindegewebe, feinen elastischen Fasern und hie und da auch muskulösen Elementen (*Lamina propria intima*e). In

der *Media* nimmt der Gehalt an elastischen Fasern in dem Maße ab, als die Muskulatur stärker wird. Durch die ganze Schicht hindurch stößt man auf gröbere und feinere, geschlängelte Lamellen und Fibrillen. Die also an Masse zunehmende Muskulatur ist in Zirkulär- und Longitudinalbündeln vorhanden und mit den elastischen, präkollagenen und kollagenen Elementen zu einem dichten Gefüge zusammengeschlossen. Längsmuskulatur, durch gröbere elastische und kollagene Fasern gebündelt, findet sich insbesondere gegen die *Adventitia* hin. Eine *Elastica externa* habe ich nicht gefunden. Der Übergang zur *Adventitia* ist jedoch gut markiert. Den Hauptanteil der *Adventitia* bilden vorwiegend zirkulär aber auch längs verlaufende elastische Fasern, die das kollagene Grundgewebe fast völlig verdecken. Die bei jungen Tieren beträchtliche Dicke aufweisende *Adventitia* wird vom Fettgewebe oder von kompakter Herzmuskulatur umgeben. Die Dicke der *Intima* schwankt zwischen 10-20  $\mu$ , der *Media* zwischen 100-400  $\mu$ , der *Adventitia* zwischen 100-200  $\mu$ .

Die *mittleren Venen* unterscheiden sich im histologischen Bau dadurch, daß die *Intima* nur mehr durch das Endothelrohr vertreten ist und die Muskulatur in der *Media* fehlt. In fest gefügter Umgebung nimmt die Dicke der Venenwand beträchtlich ab und mißt nur 120  $\mu$ .

Die *kleinen Arterien*, (Abb. 2) findet man am besten in Bindegewebsstraßen zwischen den größeren Muskelbündeln. Es sind kleine, relativ sehr dickwandige Gefäße vom muskulösen Typ mit Durchmesser von 40-60  $\mu$ . Die *Intima* besteht aus der homogenen *Lamina elastica interna*, die bei diesen kleinen Arterien infolge der Muskelkontraktion wellblechartig gestaltet ist. Die Endothelschicht ragt zufolge Schlängelung der *Elastika* gewöhnlich stark ins Lumen vor. Die *Media* enthält im retikulären Grundgerüst die zirkulär verlaufende Muskulatur, deren große Kerne besonders auffallen. Stellenweise sind elastische Fibrillen eingestreut. Eine dünne *Elastica externa* markiert da und dort den Übergang zur *Adventitia*. Diese paßt sich mit ihren kollagenen und elastischen Elementen der Umgebung an und kann hie und da beträchtliche Dicke erreichen.

Die *kleinen Herzvenen* sind auffallend dünnwandig (Abb. 2), was als charakteristisch angesehen werden muß. Vor allem sind es Gefäße, die mitten in der Muskulatur liegen. Die Wand ist teilweise dünner als der Durchmesser der roten Blutkörperchen. Sie besteht bei den kleinsten Venen nur aus der Endothelschicht, die einzelnen kollagenen und zarten elastischen Elementen aufsitzt. Die Venenwand steht in enger Verbindung mit dem intermuskulären Bindegewebe, wodurch diese Gefäße eine solide Verankerung erhalten.

## 2. Befunde beim Rind und Vergleich zum Pferd.

Entsprechend dem geringeren relativen Herzgewicht weisen beim Rind die großen Arterien (Abb. 3) des Koronarkreislaufes im allgemeinen einen

kleineren Durchmesser auf, als beim Pferd. Der Grund liegt wohl darin, daß das Rind, wenigstens in unserer Gegend, weitgehend zum Stalltier geworden ist, das Pferd jedoch durch ausgiebige Bewegung in täglicher Arbeit eine intensive Herzmuskeltätigkeit entfaltet, die in der Folge die Struktur der Herzgefäße beeinflußt. Die 10-35  $\mu$  dicke *Intima* ist bei van Gieson-Elastinfärbung gut zu erkennen und hebt sich deutlich von der *Media* ab, was gegenüber dem Pferd besonders auffällt. Das Endothel sitzt nur stellenweise einer *Lamina propria intimae* auf, meist grenzt es unmittelbar an die in 2-3 Lamellen aufgespaltene *Lamina elastica interna*. Diese enthält auch längsverlaufende Muskelfasern, die sich zwischen die elastischen Lamellen einschieben oder gegen die *Media* nur undeutlich sich abheben. Die *Media* als dickste Schicht der Gefäßwand mißt im Durchschnitt 130-450  $\mu$ . Beim Rind tritt das muskulöse Element unvergleichlich stärker hervor als beim Pferd. Es handelt sich im wesentlichen um zirkulär angeordnete Muskelzellen, in die da und dort schräg und namentlich längsverlaufende Muskelbündel eingestreut sind. Die Kerne erscheinen verhältnismäßig lang und gewellt und geben der *Media* ein charakteristisches Aussehen. Das elastische Gewebe bildet ein Geflecht zarterer und stärkerer Fasern. Im äußeren Drittel der *Media* treten in Form kürzerer oder längerer Streifen Anreicherungen von elastischen Fasern auf, die stellenweise längs verlaufende Muskelbündel von den ja sonst vorwiegend zirkulär angeordneten abtrennen. Die 120-250  $\mu$  messende *Adventitia* besteht im wesentlichen aus längs bzw. schräg verlaufenden dicken kollagenen Fibrillenbündeln, in die zirkulär und längs elastische Fasern eingewoben sind. Diese reichern sich mediawärts dermaßen an, daß man namentlich an etwas kleineren Arterien mit Recht von einer *Elastica externa* reden kann. Ich habe eine solche beim Pferd nicht andeutungsweise gefunden. Die *Adventitia* ist vor allem bei jungen Tieren stark ausgebildet, sodaß dort die *Media* von der *Adventitia* an Dicke oft übertroffen wird. Der Übergang zum umliegenden Gewebe vollzieht sich allmählich.

Bei den *großen Herzvenen* ist die Schichtung noch undeutlicher als beim Pferd, das muskulöse Element tritt eher zurück, während die elastischen Fasern in Menge und Kaliber etwas mehr hervorstechen.

Die *mittleren Arterien* des Rindes unterscheiden sich von denen des Pferdes nur durch den Gehalt an elastischen Fasern in der *Media*. Wie schon bei den großen Gefäßen erwähnt, sind die elastischen Elemente beim Rind auch hier spärlicher und zarter.

Für die *kleinen Arterien und Venen* habe ich beim Rind keine von den Befunden beim Pferd abweichenden Beobachtungen gemacht.

### 3. Topographische Besonderheiten.

Wie schon früher erwähnt stammen meine Präparate aus verschiedenen Abschnitten des Herzens: aus der Außenwand der linken und rechten

Herzkammer und aus den Vorkammern, der Herzspitze, dem Septum und aus dem vorderen Papillarmuskel der linken Kammer. Anhand dieses Materials war es möglich, einen Überblick über allfällige Unterschiede im Bau der Koronargefäße in den verschiedenen Herzpartien zu gewinnen.

Eine Beobachtung, die ich öfter gemacht habe, betrifft den unterschiedlichen Bau der Gefäße, je nachdem sie an lockeres oder fest gefügtes Gewebe grenzen. Im lockeren Gewebe, z.B. im subepikardialen Fett, ist vor allem die Adventitia stärker entwickelt und ihr Gefüge loser. Auch die übrigen Schichten der Gefäßwand, die Media und Intima, erscheinen dicker. Unter dem straffen Epikard dagegen nimmt die Dicke der Arterienwand beträchtlich ab. Es verschwindet die Adventitia, und es straffen sich die übrigen Wandpartien.

Die Tatsache, daß sich die Herzgefäße spalierbaumähnlich ausbreiten, indem die Hauptäste an der Oberfläche verlaufen und nur kleinere Zweige in die Tiefe abgeben, habe auch ich in den mikroskopischen Präparaten bestätigt gefunden. Im Querschnitt liegen die großen Gefäße und ihre Äste im subepikardialen Gewebe. Von hier aus wird die Herzmuskulatur durch kleinere Zweige versorgt. Vereinzelte, mittelgroße Arterien finden sich auch näher dem Endokard, z.B. im Septum interventriculare. Es sind Abzweigungen, die den Hauptast schon frühzeitig verlassen haben und für die tiefer gelegenen Herzabschnitte bestimmt sind.

Typisch histologische Unterschiede zwischen den großen Gefäßen des linken und rechten Koronarsystems habe ich im Gegensatz zu *Wolkoff*, 1923, der in der linken Arterie des Menschen die bindegewebige Schicht schwächer, die elastisch-muskulöse und hyperplastische Lage dagegen stets stärker entwickelt und die elastischen Fasern in der Media zahlreicher und stärker vertreten sah, bei Pferd und Rind nicht feststellen können.

Bezüglich Bau und Verteilung der kleineren Gefäße sind in den verschiedenen Partien der Herzmuskulatur keine bemerkenswerten Unterschiede zu verzeichnen. Die Blutleiter passen sich der Nachbarschaft an. So sind z.B. im dichten Gefüge der Muskulatur nur selten größere Gefäße vorhanden. Man trifft hauptsächlich auf kleine muskelstarke Arterien und dünnwandige Venen, die sich in die Bindegewebssepten zwischen größeren Muskelkomplexen einfügen. Eine unbedeutende Ausnahme bilden die kleinen Gefäße in Präparaten aus dem Herzohr, die vermehrt zwischen kleinen Muskelbündeln zu sehen sind. Dies ist aber wohl auf die ganze Anordnung der Muskulatur im Herzohr, wo vermehrt kleine Muskelpakete vorkommen, zurückzuführen.

Besonders kräftig erscheinen die arteriellen Gefäße in den Kammerwänden und in den Papillarmuskeln (Abb. 2). Hier sieht man gleichzeitig den im Herzen typischen Unterschied im Verhältnis: Gefäßdurchmesser zu Wanddicke zwischen Arterien und Venen. Der Durchmesser der kleinen Arterie beträgt  $180\ \mu$  und die Wanddicke  $55\ \mu$ , der Durchmesser der Vene mißt ca.  $250\ \mu$  bei einer Wanddicke von nur ca.  $12\ \mu$ .

#### 4. Besondere Stromregulationseinrichtungen.

Gleich wie *Zincke*, *Hirsch* und *Bucher* beim Menschen, so sind auch mir in den Koronargefäßen des Pferdes und Rindes besondere Strukturen aufgefallen, die offenbar mit der Blutstromregulation in Beziehung stehen.

##### a) Intimapolster in kleineren Arterien.

Intimapolsterbildungen sind in Koronargefäßen öfters beschrieben worden. *Bucher*, 1947, zeigt in Abbildung 3 und 4 eine Arterie mit Intimapolster aus dem Papillarmuskel eines Hundes. Derartige Bildungen habe ich bei Pferd und Rind auch gesehen. Abb. 4 zeigt ein deutliches Intimapolster in einer Papillarmuskelarterie eines 13jährigen Pferdes. Das Gefäß besitzt einen Durchmesser von  $140\ \mu$  und liegt eingebettet im Bindegewebe zwischen kompakten Muskelbündeln. Das Endothel, Begrenzung des kleinen Lumens, ist deutlich erkennbar. Die *Elastica interna* tritt nur bruchstückweise an einzelnen Stellen als geschlängelte, elastische Lamelle hervor. Zwischen dem Endothel und der elastischen Innenhaut dehnt sich das Polster aus und nimmt etwa einen Drittel der ganzen Gefäßwand ein. Es ist nicht überall gleich stark ausgebildet und besteht zur Hauptsache aus Längsmuskulatur, elastischen Fasern und kollagenem Bindegewebe. Auf die Intima folgt die Media mit innen längs- und schräggeschnittenen und außen zirkulär angeordneten Muskelfasern. Eine *Elastica externa* fehlt. Die etwas lockerer gebaute Adventitia steht mit dem intermuskulären Bindegewebe in festem Zusammenhang.

Solche Intimapolster fand ich nicht nur in den Papillarmuskelarterien, sondern beispielsweise auch im Septum interventriculare einer 5jährigen Kuh. Bei bedeutend größerem Durchmesser des Gefäßes ( $270\ \mu$ ) ist auch die Intimaverdickung erheblicher; nimmt sie doch stellenweise mehr als die Hälfte der Gefäßwand ein. Zwischen dem Endothel und der nur andeutungsweise entwickelten *Elastica interna* liegt ein Polster aus viel Bindegewebe, in das zahlreiche längs und schief geschnittene Muskelfasern eingelagert sind. Der elastische Anteil ist gering. Die Media erscheint zufolge der beträchtlichen Intimaverdickung stellenweise sehr dünn und besteht aus zirkulär und schief getroffenen Muskelfasern. Die lockere Adventitia nimmt nur einen kleinen Teil der Gefäßwand ein.

##### b) Polsterbildungen in der Media.

Abb. 5 zeigt, wie Serienschnitte ergeben, eine quergetroffene Arterie von  $250\ \mu$  Durchmesser kurz vor der Aufteilung in 2 Äste. Sie stammt aus dem rechten Herzohr einer 10jährigen Kuh. Die Intima hebt sich durch die elastische Innenhaut deutlich von der Media ab, und auch die Adventitia ist zufolge des lockeren Aufbaues leicht zu erkennen. Neben den im

wesentlichen zirkulär angeordneten Muskelfasern der Media finden sich an zwei gegenüberliegenden Stellen Anreicherungen von longitudinal verlaufender Muskulatur, die die Intima lumenwärts vorwölben und die Zerteilung des Gefäßes andeuten. Eine Eindellung an der Gefäßperipherie, wie man sie bei einer Aufteilung erwartet, ist kaum feststellbar. Nicht selten konnte ich bei Arterienaufteilungen nur einseitige Mediaverdickung beobachten, so beispielsweise in der rechten Kammerwand eines einjährigen Fohlens. Die Abgrenzung der Intima wird durch die Lamina elastica interna deutlich. Diese stellt eine dicke kompakte Lamelle dar, die nur im Bereich der Mediaverdickung aufgespalten erscheint. Da die Elastica interna deutlich erkennbar ist, besteht kein Zweifel, daß die Polsterbildung nur von der Media ausgeht. Die Muskulatur ist längs und quer getroffen, und liegt mit einzelnen feinen Fasern im dünnen Bindegewebsgerüst eingebettet. Das Polster verschließt das Lumen fast vollständig, und bald sind aus der Arterie zwei kleinere entstanden.

In Abb. 6 sehen wir eine einseitige, geringgradige Mediaverdickung in einer großen Arterie, während auf der Gegenseite ein Ast abzweigt. Das Präparat ist aus dem Sulcus longitudinalis sinister eines 13jährigen Pferdes entnommen. Die Mediaverdickung resultiert aus vermehrter Einlagerung längs verlaufender Muskulatur, die von den kräftigen, elastischen Fasern, wie sie für das Pferd typisch sind, durchsetzt werden. Starke elastische Elemente und viel kollagenes Bindegewebe bilden die Adventitia. Eigenartig gestaltet sich das Verhalten des elastischen Gewebes in der Intima. Es findet sich im Hauptgefäß als elastische Längsfasernetze, die sich in der Abzweigung zu einer ziemlich kompakten Membran vereinigen, sodaß eine typische Elastica interna resultiert. Die elastischen Fasern in der Media des Nebengefäßes werden, wie früher beschrieben, zarter.

### c) Arterien mit mehrschichtiger Muskulatur.

Den genauen Verlauf der Muskulatur in den Herzgefäßen festzustellen, bietet oft Schwierigkeit. Man trifft hie und da auf ein wirres Durcheinander von längs, zirkulär und schief getroffenen Muskelfasern und -bündeln. Im allgemeinen aber ist eine Schichtung der Muskulatur festzustellen, indem z.B. die Media vorherrschend aus Ringmuskelfasern, zu einer kompakten Schicht geordnet, besteht, wie das bei der allgemeinen Beschreibung der Herzgefäße erwähnt wurde. Daneben sind Arterien mit verschiedener Schichtung keine Seltenheit.

Eine typische *Zweischichtung* sah ich in einer mittelgroßen Arterie von 1,2 mm Durchmesser aus der rechten Herzkammer eines neugeborenen Kalbes. Die Intima ist von der Media durch die gut ausgebildete Elastica interna getrennt. Diese ist an einigen Stellen etwas aufgespalten, und innen liegt ihr das Endothel an. Die Media nimmt ungefähr zwei Drittel der Wand ein und zeigt eine innere und äußere Muskellage. Die innere besteht aus

einer dicken Lage ringförmig angeordneter Muskelfasern. Sie ist etwa doppelt so breit wie die äußere Längsmuskelschicht, die an einzelnen Stellen durch Bindegewebe eine deutliche Bündelung erfährt. Feine elastische Fasern durchziehen die Media in ziemlicher Zahl und geben der mittelgroßen Arterie den muskulös-elastischen Typ. Eine *Elastica externa* fehlt. Die Adventitia ist am Gehalt von grobkalibrigen kollagenen und elastischen Fasern zu erkennen. In der Nähe der Adventitia oder z.T. in dieser selbst fehlen auch die Nervenbündel nicht.

Bezüglich der Zweischichtung der Mediamuskulatur ist darauf hinzuweisen, daß nicht überall die Ringmuskulatur innen und die Längsmuskulatur außen gelagert sein muß, sondern daß gerade umgekehrtes Verhalten anzutreffen ist, wie das schon oben beschrieben wurde, wo anschließend an das Intimapolster eine dünne Schicht Längs- und Schrägmuskulatur folgt und darauf einige Ringmuskelfasern zu sehen sind.

Bucher, 1947, beschreibt auch Arterien mit dreischichtiger Muskulatur und betont, daß alle diese Präparate aus den Papillarmuskeln stammen. Abgesehen von der bereits oben erwähnten Schichtung (vgl. Abb. 4) in Papillarmuskelarterien, wo allerdings die innere und mittlere Muskellage gleichsinnig verlaufen, aber durch die elastische Innenhaut voneinander geschieden werden, kann man aber auch Arterien sehen, in denen die Richtung der Muskulatur von Schicht zu Schicht wechselt, sodaß die Dreiteilung viel deutlicher hervorsticht. In Abb. 7 ist die innere Längsmuskelschicht, wenn stellenweise auch sehr bescheiden, doch deutlich entwickelt und durch die *Elastica interna* als der Intima zugehörig markiert. Weit kräftiger erscheint die eigentliche ringförmige Mediamuskulatur. Die darauf folgende Längsmuskulatur, von Bindegewebe stark durchsetzt, wird wohl besser zur Adventitia gerechnet.

#### d) Polsterbildungen in den Herzvenen.

Besondere Stromregulationseinrichtungen in den *Koronarvenen* sind mir nur selten zu Gesicht gekommen. Wie in den Arterien, so kommen auch in den Venen, vor allem in mittleren und größeren, Polsterbildungen vor. Da die Dreiteilung der Gefäßwand nur schwer erkennbar ist, ist eine Unterscheidung in Intima- und Mediapolster kaum möglich. Meistens sind es bindegewebige Verdickungen der Venenwand oder stärker ins Lumen vorspringende Wulstbildungen.

Die schönste Polsterbildung habe ich in einer mittleren Koronarvene von 1,2 mm Durchmesser gefunden (Abb. 8). Sie findet sich da, wo eine Venenklappe Ursprung nimmt und besteht im wesentlichen aus einer Intimaverdickung, die neben einem Endothelüberzug zarte elastische und kollagene Fasern enthält. An die Intima schließt in Form einer etwas kompakteren Schicht die Media mit einzelnen Muskelfasern und darauf die grobfaserige Adventitia. Die Klappe selbst besteht aus dem Endothelüberzug und einer kollagenen Mittelschicht.

## IV. Besprechung der Befunde

Nach *Benninghoff*, 1944, ist der Bau der Blutgefäße weitgehend von ihrer Leistung und Beanspruchung abhängig. Herznahe Gefäße gehören im allgemeinen dem elastischen Typ an. Durch die mit der Systole des Herzens ausgeworfene Blutmenge erfahren sie eine besonders starke Dehnung, die in der Diastole wieder verschwindet. Dadurch tritt die Windkesselwirkung in Erscheinung. Die Koronararterien entspringen zwar ebenfalls in nächster Nähe des Herzens, zweigen aber in nahezu rechtem Winkel aus der Aorta ab. Nach vorherrschender Ansicht fällt das Maximum der Arterien durchströmung in die Diastole, kommt also erst mit der Windkesselwirkung in der Aorta in Gang. So stehen die Koronararterien unter viel geringerem Druck, und das elastische Element tritt in der Gefäßwand zurück, so daß wir es mit Arterien vom muskulösen Typ zu tun haben. Das gilt ganz besonders für das Rind. Beim Pferd indessen ist in den Hauptstämmen des Koronarsystems das elastische Gewebe auch in der Media noch recht ansehnlich vertreten. Deshalb fehlt ja hier auch die deutliche Grenze zwischen Intima und Media. Schnell nehmen dann aber die elastischen Bestandteile an Bedeutung ab, und durch die Zunahme der Muskulatur tritt die Regulierung des Blutzuflusses zu den Verbrauchsstätten durch Querschnittsänderung in den Vordergrund. Damit kommt es dann auch zu jener, allerdings stark vereinfacht dargestellten, Arbeitsteilung zwischen den verschiedenen Schichten der Arterienwand: Die Intima hält dem Schub der Blutwelle stand, die Media bestimmt den Querschnitt des Gefäßes, und die Adventitia nimmt die äußere Längsdehnung auf und stellt gleichzeitig die Verbindung mit der Umgebung her.

Als weitere Besonderheit der Koronararterien wird für den Menschen die starke Intimaverdickung der größeren Gefäße hervorgehoben. Sie kommt den Säugetieren zwar auch zu, wenn auch in weit geringerem Maße. Im Wesentlichen besteht sie im Auftreten eines mehrschichtigen elastischen Fasernetzes, durchsetzt von Muskelfasern. Daran schließt nach innen die kollagene Schicht der Lamina propria intimae, auf der das Endothel aufsitzt. In den Gefäßen kleineren Kalibers vermißt man solche Verdickungen, abgesehen von den eigentlichen Intimapolstern.

Was die *Altersveränderungen* der Intima und der Gefäßwand bei Pferd und Rind anbelangt, so sind mir solche nicht in auffälliger Form begegnet. Dies beruht z. T. wohl darauf, daß die Tiere im allgemeinen, besonders aber Rind und Pferd, nur solange gehalten werden, als sie materiellen Nutzen versprechen. Ferner fallen Schädigungen, wie solche aus dem übermäßigen Gebrauch von Genußmitteln resultieren könnten, weg. Deshalb kommen Altersveränderungen weniger typisch zur Ausbildung. Im allgemeinen ist die Adventitia der jungen Tiere etwas dicker, vor allem reich an kollagenem Bindegewebe, und die elastischen Elemente treten mehr zurück. Bei älteren Tieren sehen wir in der Media stärkere elastische Fasern, die an einzelnen Stellen als kräftige Lamellen erscheinen.

Den größten *tierartlichen Unterschied* zwischen Pferd und Rind sah ich im Gehalt an elastischen Elementen, besonders in der Media der großen Gefäße. Das Rind besitzt nicht die zahlreichen kräftigen, elastischen Fasern, wie sie beim Pferd typisch sind. Vielleicht ist dies eine Domestikationserscheinung, da das Rind in unseren Gegenden immer mehr zum Stalltier geworden ist. Das Futter wird ihm zugetragen und immer seltener wird es als Zugtier verwendet. Das Pferd aber hat täglich seine Kraftproben zu bestehen und die Belastung der Herzgefäße ist größer. Möglicherweise spielt hier auch die leichte psychische Erregbarkeit des Pferdes mit.

Welches ist nun der Sinn der besonderen *Gefäßstrukturen*? Die Beantwortung dieser Frage ist keineswegs leicht, da schon *Bucher* sagt, man könne bei der funktionellen Deutung der verschiedenen Sondervorrichtungen an Kranzgefäßen nicht vorsichtig genug sein. Für den Morphologen bestehe vor allem die Aufgabe, dazu vorerst einmal die notwendigen anatomischen Unterlagen zu beschaffen.

Über die Bedeutung der *Intimapolster*, die die Arterien zu Polsterarterien stempeln, haben sich verschiedene Forscher geäußert. Nach *Popoff* (zit. n. *Hirsch*, 1942) treten Intimapolster anstelle von Klappen. *Bucher*, 1944, hat seine eigenen Ansichten mit denen von *Zinck*, *Spalteholz* und *Hochrein* kombiniert und schreibt: »Man hat sich natürlich auch die funktionelle Bedeutung dieser Einrichtungen überlegt und glaubt, daß die in den Hauptstämmen und großen Ästen gelegenen Polster Bremsvorrichtungen darstellen könnten, die starke Stromstöße ausgleichen und den arteriellen Druck in den distaleren Gefäßabschnitten herabsetzen, während die in den peripheren Gefäßgebieten gelegenen Polster eher dazu dienen dürften, die dem Kapillargebiet zugeführte Blutmenge den jeweiligen Anforderungen anzupassen.« *Bucher* glaubt sogar, daß die Arterie mit Hilfe der Muskelpolster vollständig verschlossen werden könne.

Daß diese Polsterbildungen zur normalen Struktur gehören, betont namentlich *Zinck*, 1939: »Es handelt sich also um eine anatomische, normale Architektur und nicht um Anpassung der Innenhaut im Sinne einer Reaktion auf besondere Strömungsbedingungen.«

Außerdem hat er, 1939 und 1942, erstmals darauf hingewiesen, daß durch eine »Entgleisung« der normalen Regelung dieser Polsterarterien (Spasmus) eventuell ein sogenannter funktioneller Infarkt entstehen könne. Die auslösende Ursache sei vielleicht ein vegetativer Erregungszustand, plötzliche Kraftanstrengung nebst vermehrter Blutanforderung des Herzmuskels oder gefäßwirksame Hormone.

*Hirsch*, 1949, hat in diesem Zusammenhang seine Rattenversuche ausgeführt und fand bei solchen Tieren nach starker Erregung Herzmuskelveränderungen, die zu Infarkten führten. Derselbe Autor stellt fest, daß die Polsterbildungen, in denen er epitheloide Zellen findet, mit den arteriovenösen Anastomosen in Verbindung stehen und hält sie für »Produktionsstätten von gefäßerweiternden und blutdrucksenkenden Stoffen.« Dieses Problem ist noch keineswegs abgeklärt. In meinen Präparaten habe ich keine typischen epitheloiden Zellen gefunden. *Bucher*, 1949, konnte bei seinen histologischen Untersuchungen solche nachweisen, bemerkt aber: »Man wird sie zweifellos aber auch in unter optimalen technischen Voraussetzungen verarbeitetem Material und trotz spezieller Erfahrung nicht finden können, wenn sie in den betreffenden Gefäßen eben überhaupt nicht vorhanden sind.«

Ob arteriovenöse Anastomosen im Herzen vorkommen, kann ich auf Grund der mikroskopischen Untersuchungen nicht mit Bestimmtheit sagen; dagegen hat *Erençin*, 1953, solche beim Rind feststellen können. *Bucher* sieht das Vorkommen von arteriovenösen Anastomosen aus biologischen Gründen für höchst wahrscheinlich an, auch durch Gefäßinjektionen sind solche Anastomosen nachgewiesen worden.

Die Bedeutung der *Mediapolster* vor der Gefäßaufteilung ist heute noch umstritten. Nach *Benninghoff*, 1930, könnten sie das Auftreten von Wirbeln fördern und dadurch den Geschwindigkeitsunterschied von Rand- und Achsenstrom ausgleichen. *Wagenvoort*, 1954, dagegen glaubt, daß durch Kontraktion der muskulären Wülste das Lumen des Seitengefäßes sich verengen oder abschließen läßt.

Über die *Mehrschichtigkeit der Muskulatur* in einzelnen Herzarterien ist zu sagen, daß sie an Orten besonders starker Beanspruchung vorkommt. Dies ist namentlich in den Papillarmuskeln der Fall, aber auch an andern Stellen sind mir derart gebaute Arterien begegnet. *Wolff*, 1930, sieht in dieser Bauart eine Anpassung der Papillarmuskelarterien an die Formänderungen »da gleichzeitig mit jeder Papillarmuskelkontraktion auch eine solche der Gefäßmuskulatur eintritt, deren Längs- und Spiralanordnung dann also auch eine Verkürzung des Arterienrohres zur Folge haben muß.« *Bucher*, 1945, begründet die spezielle Bauart damit, daß die Papillarmuskelarterien trotz der mechanischen Einwirkung ihrer Umgebung in der Lage sein sollten, die Blutversorgung während allen Phasen der Herzkontraktion sicher zu stellen.

Die *Polsterbildungen in den Venen* haben wohl die Aufgabe, die Blutregulation besonders im Kapillargebiet zu beeinflussen. Die Verstärkung an der Klappenbasis unterstützt die Klappentätigkeit.

## V. Zusammenfassung

Nach ausführlicher Besprechung der einschlägigen Literatur wird der normale Feinbau der Koronargefäße bei Pferd und Rind geschildert. Sie lassen sich am besten in große, mittlere und kleine Gefäße unterteilen. Die großen und mittleren Arterien gehören zum elastisch-muskulösen, die kleinen Arterien zum muskulösen Typ. Aus dem Vergleich zwischen Pferd und Rind ergibt sich, daß vor allem der Gehalt an elastischen Fasern in den großen und mittleren Arterien beim Rind geringer ist als beim Pferd. Außerdem ist das Kaliber der Hauptstämme beim letzteren etwas größer. Die durch das Alter bedingten Unterschiede im Bau der Gefäße sind gering. Junge Tiere besitzen eine dickere, bindegewebsreichere Adventitia, eine etwas kompaktere Lamina elastica interna und eine dünnere Lamina propria intima. Bei älteren Individuen treten vor allem die starken elastischen Elemente der Media hervor. Die Struktur der Gefäßwand ist abhängig von der Umgebung. Ist diese kompakt (z. B. Epikard oder Muskulatur), dann paßt sich ihr die Struktur des Gefäßes an. Im lockeren Gewebe wird auch die Gefäßwand aufgelockert. Die Arterien in den Papillarmuskeln und in den Kammerwänden sind zufolge vermehrter Beanspruchung starkwandiger. Als besondere Regulationsvorrichtungen finden sich in den Koronararterien Intimapolster, Mediaverdickungen und Gefäße mit mehrschichtiger Muskulatur. Ähnliche Polsterbildungen kommen auch in den Herzvenen vor. Die verschiedenen Befunde werden zum Schluß in ihrer funktionellen Bedeutung besprochen.

Am Schluß meiner Ausführungen danke ich Herrn Prof. Dr. E. Seiferle für die Möglichkeit, meine Untersuchungen in seinem Institut durchzuführen. Großen Dank schulde ich Herrn P. D. Dr. Höfliger für die Überlassung des Themas, des Untersuchungsmaterials und für das Interesse, das er für meine Arbeit zeigte. Der Laborantin des Institutes, Frl. Rahn, sowie dem Fakultätsphotographen, Herrn A. Mahler, danke ich für ihre wertvolle Unterstützung.

## Literaturverzeichnis

- Anders, C.:* Untersuchungen über den mikroskopischen Bau der Aorta, Arteria pulmonalis, Vena cava cranialis und der Vena pulmonalis des Rindes und Kalbes an ihren Austrittsstellen aus dem Herzen und ihrem Übergang in die Herzwand. Diss. Dresden, 1920.
- Bärner, M.:* Über den histologischen Bau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Pferdes mit besonderer Berücksichtigung der Anpassung dieser Gefäße an die Umgebung. Diss. Jena, 1905.
- Bärtschi, W.:* Die Reaktion der Koronararterie auf Histamin. Pflügers Archiv 238, 1937, 606.
- Barone, R. und A. Collin:* Les artères du coeur chez les ruminants domestiques. Rev. méd. vét. 102, 1951, 172.
- Barone, R. et R. Malavieille:* Les vaisseaux du coeur des Equidés. Rec. méd. vét. 127, 1951, 513.
- Baum, H.:* Der Zirkulationsapparat in: *Ellenbergers Handbuch der vergl. mikroskopischen Anatomie der Haustiere*. Berlin 1911.
- Benninghoff, A.:* Blutgefäße und Herz in: *v. Möllendorffs Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen*. Bd. 4/1, Berlin 1930.  
Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. 2/1, München-Berlin 1944.
- Bobke, A.:* Untersuchungen über den histologischen Bau des Wurzelgebietes der großen Herzgefäße beim Pferd. Diss. Dresden, 1920.
- Bucher, O.:* Polsterbildungen in den Arterien des Myokards. (Polsterkissen und Polsterarterien). Schw. med. Wschr. 74, 1944, 522.
- Sondervorrichtungen an Kranzgefäßen. Schw. med. Wschr. 75, 1945, 966.
- Über den Bau der Blutgefäße des menschlichen Herzens. Acta Anatomica 3, 1947, 162.
- Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Bern, 1948. Einige Bemerkungen zur Arbeit von S. Hirsch, über »Grundsätzliches zur Frage der Regulationseinrichtungen im Koronarkreislauf.« Acta Anatomica 8, 1949, 185.
- Clara, M.:* Die arteriovenösen Anastomosen. Leipzig, 1939.
- Dierck, H.:* Über eine neue Art von Fasern im Bindegewebe und in der Blutgefäßwand. Virch. Arch. 189, 1907, 62.
- v. Ebner, V.:* Von den Blutgefäßen in: *Köllikers Handbuch der Gewebelehre des Menschen*. Leipzig, 1899.

- Ellenberger-Baum*: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Berlin, 1943.
- Erençin, Z.*: Evcil Memelierge »Domuz Haric« Kalbi Kayiran Arterie'lerin Struktürel Ozellikleri. Türk Vet. Hekim. Derm. Derg. 23, 1953, 1171.
- Erhart, Barros M.*: Pesquisas sobre a irrigação arterial do systema sinoatrial do coração em alguns mamíferos domesticos. Separata da Revista de Biologia e Hygiene. 7, 1936.
- Grau, H.*: Die Verankerung der Vorkammernmuskulatur im Mündungsteil der Wand der großen Herzvenen bei Pferd, Rind, Schwein und Hund. Zeitschr. mikr.-anat. Forsch. 24, 1931, 1.
- Hirsch, S.*: Über Blutstromregulatoren im Koronararteriensystem des Menschen und über die Möglichkeit sie histologisch nachzuweisen. Cardiologia, 6, 1941/42, 31.
- Sur l'existence de formations glomiques dans le coeur humain. Arch. Biol. 53, 1942, 513.
  - Herzerteriolen, Arteriolsklerose des Herzens und Autonomie des Koronarsystems. Schw. med. Wschr., 75, 1945, 539.
  - Grundsätzliches zur Frage der Regulationseinrichtungen im Koronarkreislauf. Acta Anatomica 8, 1949, 168.
  - Etudes expérimentales à propos de la nature et de la pathogénèse de l'anguine de poitrine et de l'infarctus myocardique. Schw. med. Wschr. 79, 1949, 245.
- Kilchsperger, G. und H. Stünzi*: Zur Aetiologie und path. Anatomie der Periarteriitis nodosa des Schweines. Schw. Arch. f. Tierheilk. 87, 1946, 359.
- Krause, K.*: Weitere Untersuchungen über die genuinen Veränderungen der Blutgefäße unserer Haustiere. Arch. path. Anat. Physiol. 282, 1931, 821.
- Maurer, J.*: Beitrag zur normalen und patholog. Anatomie des Equidenherzens. Diss. Zürich, 1926.
- Roßmüller, E.*: Über den histologischen Bau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Rindes. Diss. Gießen, 1906.
- Schäfer, G.*: Über die Schlängelung der Koronararterie des menschlichen Herzens. Z. Kreislauff. 24, 1932, 277.
- Schick, H.*: Der mikroskopische Bau des Ursprungs- bzw. Mündungsgebietes der großen Herzgefäße beim Schwein und bei der Ziege. Diss. Dresden, 1921.
- Schumacher, S.*: Über die Bedeutung der arteriovenösen Anastomosen und epitheloiden Muskelzellen. Z. mikr.-anat. Forsch. 43, 1938, 107.
- Spalteholz, W.*: Die Arterien der Herzwand. Leipzig, 1924.
- Spalteholz, W. und M. Hochrein*: Die anatomische und funktionelle Beschaffenheit der Koronararterienwand. Arch. exper. Path. 163, 1931, 333.
- Stünzi, H.*: Die Periarteriitis nodosa des Schweines. Schw. Arch. f. Tierheilk. 91, 1949, 367 und 436.

- Trautmann, A. und J. Fiebiger:* Histologie und vergleichende mikroskopische Anatomie der Haustiere. Berlin, 1949.
- Wagenvoort, C.A.:* Die Bedeutung der Arterienwülste für den Blutkreislauf. *Acta Anatomica* 21, 1954, 70.
- Watzka, M.:* Über Gefäßsperrern und arteriovenöse Anastomosen. *Z. mikr.-anat. Forsch.* 39, 1936, 512.
- Wegelin, C.:* Über Arteriiosklerose im Myokard. *Schw. med. Wschr.* 74, 1944, 57
- Bemerkungen über die Arbeit von *Hirsch S.:* »Herzarteriolen, Arteriiosklerose des Herzens und Anatomie des Koronarsystems.« *Schw. med. Wschr.* 75, 1945, 542.
- Wolff, K.:* Die Längs- und Spiralanordnung der Muskulatur in der Media der Papillarmuskelschlagadern. *Virch. Arch.* 276, 1930, 259.
- Wolkoff, K.:* Über die histol. Struktur der Coronararterien des menschl. Herzens. *Virch. Arch.* 241, 1923, 72.
- Zien, O.:* Histologische Untersuchungen über das Ursprungsgebiet der großen Herzgefäße bei Carnivoren. Diss. Dresden, 1920.
- Zinck, K.H.:* Sondervorrichtungen an Kranzgefäßen und ihre Beziehung zum Coronarinfarkt und miliare Nekrosen. *Virch. Arch.* 305, 1939, 288.
- Weiteres über Sondervorrichtungen an Kranzgefäßen. *Schw. med. Wschr.* 71, 1941, 1032.
- Sondervorrichtungen an den Kranzgefäßen. *Klin. Wschr.* 23, 1942 I, 311.

## Curriculum vitae

Am 11. März 1925 wurde ich in Uznach, SG, geboren. In meiner Heimatgemeinde Wängi, Thg., besuchte ich die Primar- und in Schöfflisdorf, Zch., die Sekundarschule. Im Herbst 1946 schloß ich das Gymnasium in Einsiedeln mit der Matura ab. Nach Bestehen des ersten Propädeutikums in Fribourg siedelte ich nach Zürich um und schloß 1951 an der vet. med. Fakultät mein Studium mit dem Staatsexamen ab. Nachher war ich bei verschiedenen Tierärzten als Stellvertreter tätig.

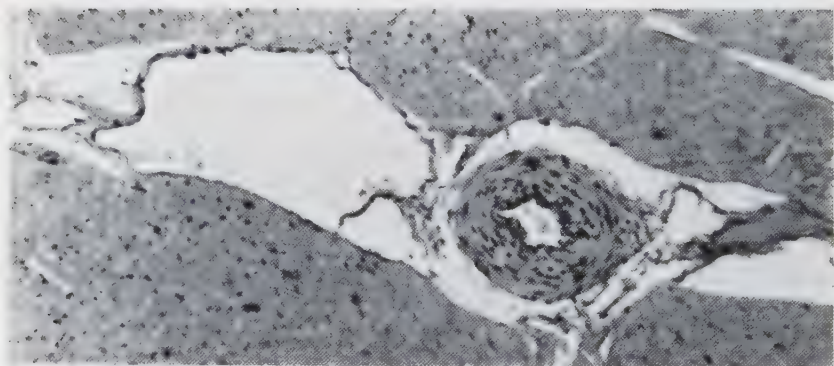


Intima

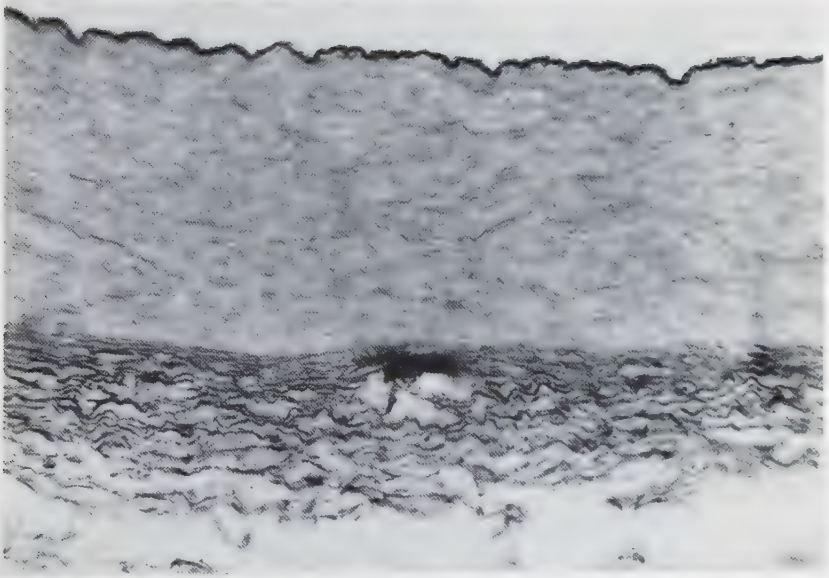
Media

Adventitia

*Abb. 1.* Ausschnitt aus einem quer getroffenen großen Koronararterienast im Sulcus coronarius dexter eines 1-jährigen Fohlens. Elastisch-muskulöser Typ. Oben die gegen die Media sich nicht deutlich abhebende Intima mit Endothel, Lamina propria intimae und der durch mehrere elastische Längsfasernetzlagen repräsentierten *Elastica interna*. Media mit zahlreichen, kräftigen elastischen Fasern, z.T. in Form von Lamellen, denen gegenüber die muskulösen Elemente mehr zurücktreten. Adventitia mit dicken, elastischen Fasern, das kollagene Grundgewebe und die wenigen Muskelfasern teilweise überdeckend. Färbung: van Gieson-Resorzin-Fuchsin; ebenso in allen folgenden Abbildungen. Vergr. 140 .

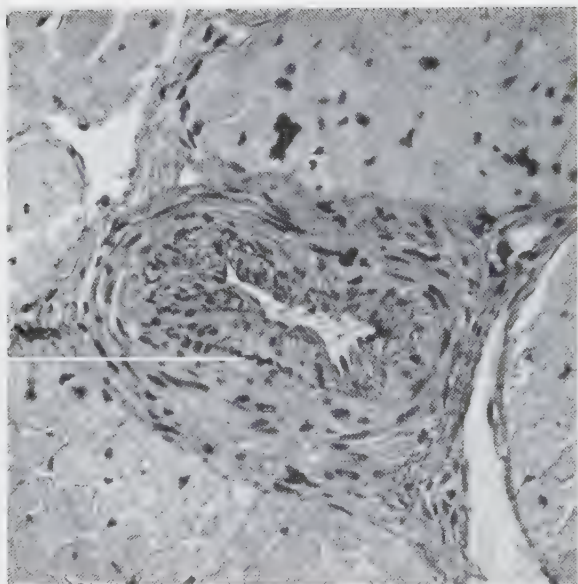


*Abb. 2.* Arterie und Vene aus dem vorderen linken Papillarmuskel eines 13-jährigen Pferdes. Die dickwandige Arterie (rechts) mit deutlicher Intima, einer zur Hauptsache aus zirkulär und schräg verlaufenden Muskelfasern bestehenden Media und einer spärlich entwickelten Adventitia. Die dünnwandige Vene (links) liegt der Herzmuskulatur eng an. Vergr. 140  $\times$ .

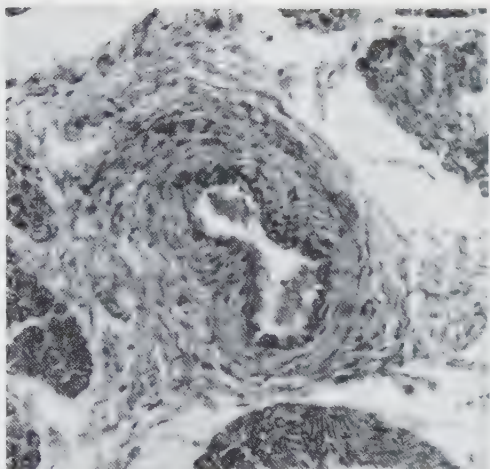


*Abb. 3.* Ausschnitt aus einem quer getroffenen großen Koronararterienast aus dem Sulcus longitudinalis sinister einer 10-jährigen Kuh. Muskulöser Typ. Oben Intima mit Endothel und *Elastica interna* gegen die *Media* deutlich abgrenzbar. Diese mit stark vorherrschender Muskulatur und zarten elastischen Fasern. *Adventitia* aus kollagen-elastischen Elementen. Vergr. 140  $\times$ .

Elastica interna



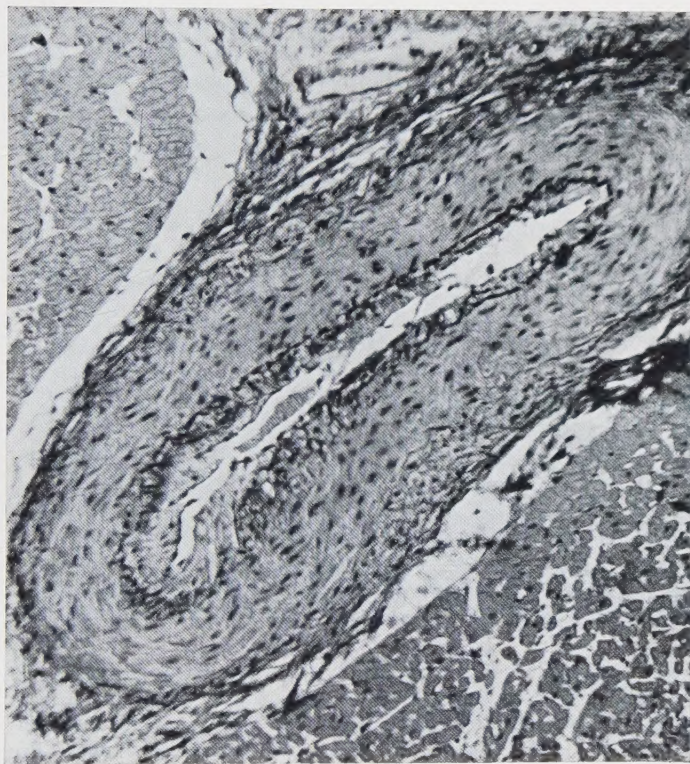
*Abb. 4.* Kleinere Arterie mit Intimapolster aus dem linken Papillarmuskel eines 13-jährigen Pferdes. Weiteres vergl. Text. Vergr. 180  $\times$ .



*Abb. 5.* Mediapolster in einer kleinen Arterie kurz vor der Teilung. Präparat aus dem Herzohr einer 10-jährigen Kuh. Vergr. 180  $\times$ .

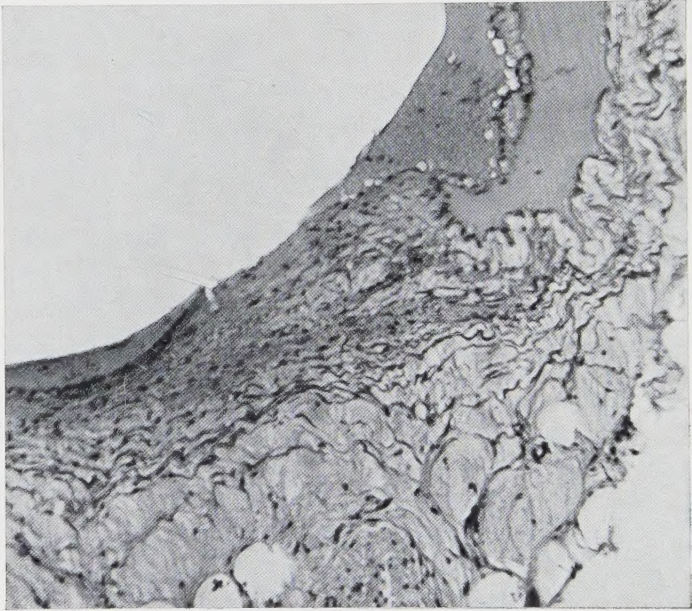


*Abb. 6.* Längsschnitt aus einer großen Arterie des Sulcus longitudinalis dexter eines 13-jährigen Pferdes. Einseitige spornartige Verdickung der Media des großen Gefäßes (links) gegenüber der abzweigenden kleineren Arterie (rechts). Die Intima des Stammgefäßes ist weniger deutlich abgrenzbar als im kleinen Gefäß. Das Media-Polster gegenüber der Gefäßabzweigung besteht hauptsächlich aus elastischen Fasern und vermehrter Längsmuskulatur. Vergr. 28  $\times$ .



*Abb. 7.* Arterie aus dem vorderen Papillarmuskel der linken Herzkammer eines 1-jährigen Rindes. Die Dreischichtigkeit der Muskulatur ist deutlich zu erkennen: Intima mit innerer Längsmuskulatur, Media mit mittlerer starker Ringmuskulatur und Adventitia mit äußerer Längsmuskulatur. Vergr. 162  $\times$ .

## Klappe



*Abb. 8.* Ausschnitt aus einer großen Vene des Sulcus longitudinalis caudalis eines 3-jährigen Ochsen. Das Intimapolster besteht aus zarten elastischen und kollagenen Fasern und springt an der Stelle ins Lumen vor, wo eine Venenklappe ihren Ursprung nimmt. Die Media ist im Gegensatz zu der grobfaserigen Adventitia dicht gefügt. Vergr. 162  $\times$ .



